ひび割れ指数（ＴＣＩ）を用いた効率的な打音点検箇所の抽出方法に関する一考察

西日本高速道路ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ関西㈱　正会員　○藤巴　太郎
西日本高速道路ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ関西㈱　正会員　寺田　光太郎
西日本高速道路ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ関西㈱　西田　久雄
西日本高速道路ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ関西㈱　大西　智之
西日本高速道路㈱関西支社　小笠原　康宣

１．はじめに

道路トンネルの維持管理は，点検，調査および対策のサイクルで行われており，高度成長期に建設された構造物などの高齢化に伴い，予防保全の観点から点検の重要性が高まっている．現在，西日本高速道路㈱関西支社管内の高速道路におけるトンネル詳細点検では，トンネル詳細点検マニュアル[1)]（以下，マニュアルという）に準じて，トンネル覆工画像を基に全てのセントルを対象に，ひび割れの長さ，幅，密度および方向性をパラメーターとしたひび割れ指数（以下，ＴＣＩという）を用いて，ある閾値以上のセントルを対象としたトンネル覆工コンクリートの健全性を評価している．しかし，ある閾値以下となったセントルに含まれる変状原因にまで踏み込んだ点検箇所の抽出に至っていないのが現状である．

本稿は，ＴＣＩを活用してトンネルの変状原因を考慮した点検箇所の効率的な抽出方法についての考察を述べたものである．

２．トンネル覆工の損傷評価の概要

現在，マニュアルにおける詳細点検Ａは，トンネル覆工画像を用いた目視・打音点検箇所の抽出を行い，詳細点検Ｂとして，現地で目視・打音などを実施し，トンネル覆工コンクリートの健全性を評価している．

主にトンネル構造物の顕在化した変状は，覆工コンクリートに現れる．マニュアルのみによる評価では，ある閾値以下を示すセントルであっても，変状原因に起因した潜在的なひび割れ，浮きおよび変状の恐れのあるセントルを抽出しきれない場合がある．

ＴＣＩは，セントルの健全性を評価する一つの指標として用いられ，クラックテンソルの考え方を採用した指数によって，セントルの変状原因や損傷程度の評価が可能であると報告されている[2)]．ＴＣＩを活用することで，ある閾値以下となった箇所においても変状原因を踏まえた点検箇所の抽出が可能であると考え，効率的な打音点検箇所の抽出方法を提案した．

３．ＴＣＩ平均値と供用年数の関係

図-1 に平成 24～25 年度に実施した 77 トンネルのＴＣＩの平均値（$\overline{TCI}$）と供用年数の関係を示し，特徴と原因を以下に述べる．

- ＮＡＴＭ工法の２トンネルは，明らかに特異値を示しており，原因は施工性に起因したものである．
- ＮＡＴＭ工法では，供用年数の増加に伴い $\overline{TCI}$ も増加傾向となる原因は，ＮＡＴＭ工法の導入初期から現在に至る施工技術や品質管理の違いによるものと考えられる．
- 矢板工法では経過年数に関わらず，$\overline{TCI}$ が 0.5～2.0 の範囲に分布している原因は，地質や施工方法の違いによるものと考えられる．

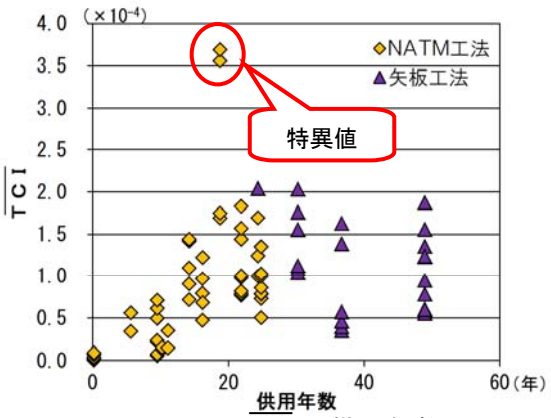

図-1　$\overline{TCI}$ と供用年数

キーワード　予防保全，トンネル維持管理，トンネルクラック指数，トンネル覆工画像，変状特性
連絡先　〒567-0032　茨木市西駅前町 5 番 26 号　西日本高速道路ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ関西㈱　TEL072-658-2420

４．ＴＣＩ成分を活用した効率的な打音点検箇所の抽出

ＴＣＩ成分とは，ＴＣＩを縦断成分（*F11*）と横断成分（*F22*）に分割したものである．図-2 のように中野らは，ＴＣＩ成分を活用したトンネル覆工の変状原因の推定に関する試みを行っており，各セントルに生じたひび割れのＴＣＩを横断成分と縦断成分に分解することによって変状原因の推定ができるとしている[2)]．

トンネルの変状原因に着目して，ある閾値より低いトンネルにおける外力による変状が懸念される箇所を抽出し，詳細点検Ｂを実施することは，点検の効率化および現場での点検精度の向上にも寄与するものと考える．変状原因を抽出する方法には，１）各トンネルにおける平均のＴＣＩ成分（$\overline{\text{TCIt}}$ 成分＝$\overline{F11}$, $\overline{F22}$）を用いるもの，２）各トンネルにおけるセントル毎のＴＣＩ成分（TCIc 成分＝*F11, F22*）を用いるものがあり，これらについて分析を実施した．

１）$\overline{\text{TCIt}}$ 成分による変状原因の分析では，図-3 に示すように変状原因は工法に関係なく，ほとんどが「材質劣化領域」となる．$\overline{\text{TCIt}}$ 成分による分析では材料劣化以外の変状原因が把握し難い結果となった．

２）セントル毎の TCIc 成分による変状原因の分析では，全セントル数 7592 のうち，116 セントル（約 2%）が材料劣化領域以外の変状原因に属する結果となった．代表的な事例として図-4 に示すように「緩み圧領域」に属するセントルが存在する事が分かった．

これは $\overline{\text{TCIt}}$ 成分では把握できなかった変状原因を捉えた結果であり，$\overline{\text{TCIt}}$ 成分から求められる変状原因の分析だけでなく，セントル毎の TCIc 成分による分析を行うことによって，ある閾値以下となったセントルに含まれる変状原因を踏まえた点検箇所の抽出を可能とした．

詳細点検Ｂの実施においては，トンネル画像からのひび割れ形状と変状原因の有益な事前情報を把握した上で，点検や健全度調査を行うことは，効率的かつ経済的である．

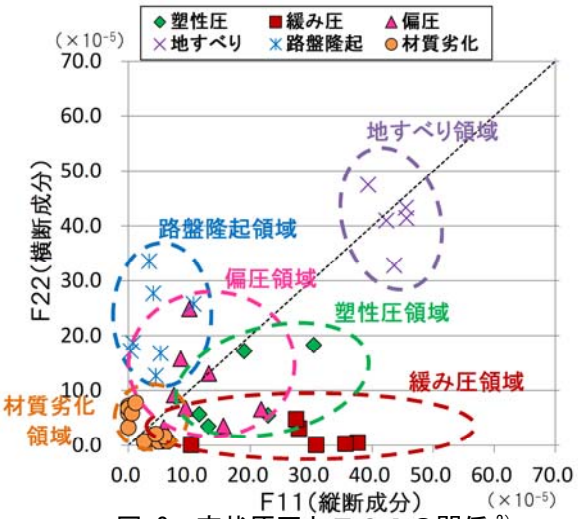

図-2　変状原因とＴＣＩの関係[2)]

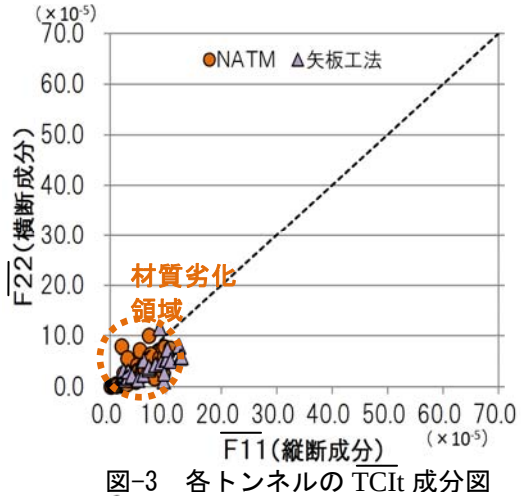

図-3　各トンネルの TCIt 成分図

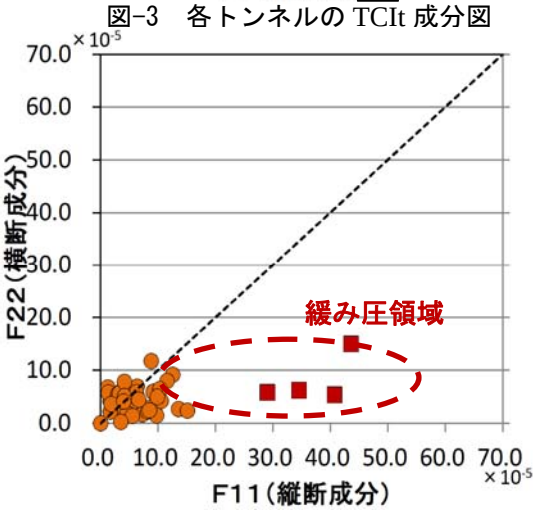

図-4　「緩み圧領域」を示す事例

５．まとめ

ＴＣＩを用いた効率的な打音点検箇所の抽出方法について，トンネル毎における各セントルの TCIc 成分による変状原因の抽出によって，各トンネルの変状特性を踏まえた詳細点検Ｂの実施箇所の抽出が可能であることを示した．今後は，打音結果などの現地情報との整合性やデータの蓄積を行うことで，高速道路等のトンネルの予防保全に活用し，安全と安心を確保していきたいと考えている．

参考文献

1)　西日本高速道路㈱，トンネル詳細点検および健全度評価マニュアル（技術資料），平成 24 年 4 月

2)　中野清人，下田哲史，佐伯徹，大場諭，重田佳幸：ひび割れ指数（ＴＣＩ）を活用したトンネル覆工の変状原因推定法に関する試み，土木学会　第 65 回年次学術講演会講演概要集